



TITLE:

8. 強磁性・反強磁性相互作用競合系に対するスピン動力学シミュレーション(スピングラス(リエントラント転移を中心として),研究会報告)

AUTHOR(S):

夏目, 雄平; 藤本, 憲司; 吉原, 知樹

CITATION:

夏目, 雄平 ...[et al]. 8. 強磁性・反強磁性相互作用競合系に対するスピン動力学シミュレーション(スピングラス(リエントラント転移を中心として),研究会報告). 物性研究 1987, 48(1): 23-26

ISSUE DATE:

1987-04-20

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/92475>

RIGHT:

References

- 1) R. N. Bhatt and A. P. Young: Phys. Rev. Lett. **54** (1985) 924.
- 2) A. T. Ogielskii and I. Morgenstern: Phys. Rev. Lett. **54** (1985) 928.
- 3) W. F. Wolff and J. Zittartz: Z. Phys. B-Condensed Matter **60** (1985) 185.
- 4) H. Nishimori: J. Phys. Soc. Jpn **55** (1986) 3305.
- 5) S. Inawashiro, Y. Tamori, T. Nakamura and T. Shirakura : to be published.

8. 強磁性・反強磁性相互作用競合系に対する スピン動力学シミュレーション

千葉大・理 夏目雄平, 藤本憲司, 吉原知樹

§ 1 はじめに

動力学シミュレーションをスピン系に適用して, 強磁性-反強磁性交換相互作用が競合するスピン系の特に動的性質を調べる。このスピン動力学シミュレーション (SDS) の方法及びアルゴリズムについては, 文献 1)~3) を参照されたい。著者の知る範囲では, 他に未だ例がなく, モンテカルロ・シミュレーション (MCS) に比べて確立された方法とは今のところ言えないので, 読者の批判を頂きたい。また, MCS とは, 多粒子系の場合と同様に, 相補的な方法となっているので, 現実の磁性系へ適用した両シミュレーションの結果の比較議論は極めて有意義である。

§ 2 正方格子 XY 系

SDS を XY 正方格子で, 強磁性イオンのうち 25% を反強磁性イオンでランダムに置換した例 (site model) を図 1 に示す。図 1 上図は磁場をかけないでダイナミック・クーリング操作¹⁾ (DZFC) を行って達した終状態で, 図 1 下図は磁場をかけてダイナミック・クーリング操作¹⁾ (DFC) を行った終状態である。開いた矢印は強磁性スピン, 三角形の矢印は反強磁性スピンの向きを示し, 丸印はその Plaquette におけるカイラリティ⁴⁾ (CR) の絶対値が大きい事をしており, 十の符号はその CR の向きを示している。DZFC では, 強磁性イオンの領域が渦構造を作っており, 反強磁性イオンは, その領域の境界を形成している。この渦構造発生の振

舞いは、bond modelでも同様であった^{2,3)}
 これらの結果とMCSによる結果⁴⁾との比較は示唆に富む。DFCの場合は、強磁性スピンは全体として磁場の方向(右方向)を向く傾向を持つため、渦構造は弱まる。

§ 3 磁化の応答

次に、実験における磁化(帯磁率)測定の方法と対応させ、DFCの終状態において磁場を切り、その後の磁化の応答を調べる。図2に示したように、DFCにより一定値になった磁化は、磁場の切断によって先ず素早く中間値まで下がる。そしてその後は極めてゆっくりとした減少となる。これは、実測とよく対応しており⁵⁾ 前期が可逆的な磁化 M_{rev} 、後期が不可逆的な磁化 M_{irr}

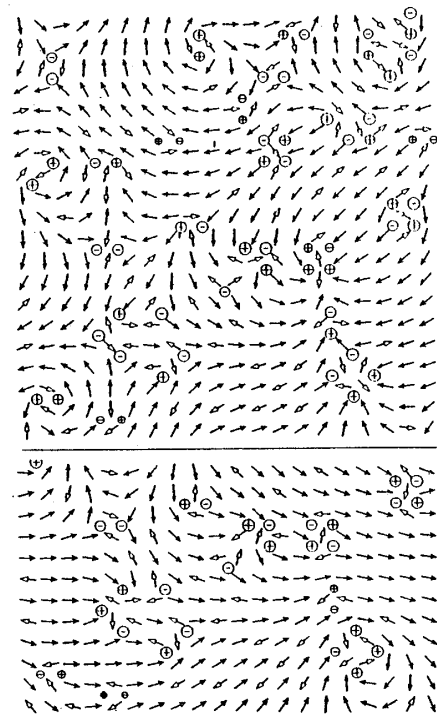


図1 XY系のスピンのパターン。矢印は強磁性スピン、三角矢印は反強磁性スピンの向きを示す。白丸はその位置のPlaquetteの持つカイラリティの大きさ、+、-はその向きが面の手前か、向こう側かを示している。上図：ZFCの終状態。下図：FCの終状態。

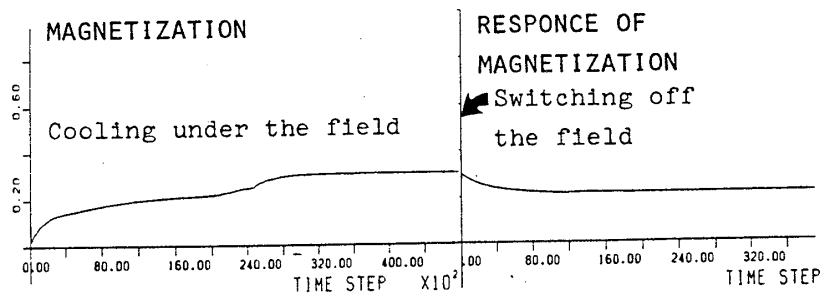


図2 XY系のFC操作における磁化の変化(左半分)及びFCの終状態で磁場を切断した場合の磁化の応答の振舞い(右半分)。

であると思われる。このSDSのスピンパターン変化を追跡してみると、²⁾ M_{rev} は、境界のFrustrationを持つ plaquette (Fr. pla) に集中している大きなCRを中心軸として、周囲の強磁性イオンが渦を形成してゆく可逆的応答過程に対応づけられる。また、 M_{irr} は中心軸となっているFr. pla内の反強磁性イオンが、微調整のためにゆっくりと動くためと思われる。

§ 4 正方格子Heisenberg 系

次に、2次元正方格子 Heisenberg系へ適用する^{2,3)} 反強磁性イオンの濃度は 30 %とし、ランダムに site を選んで置換する。SDSのステップと共に、磁化は増加する。スピンパターンを追跡すると途中で強磁性領域に渦的な構造が発生するが、その中心軸は次第に境界の反強磁性イオンを含む Fr. pla へ移動し、終状態では、強磁性イオン領域では渦は見かけ上消失し、domain 構造となる。

この特徴的な振舞いを表現するため、各 plaquette の CR の分布の様子を図 3 に示す。図中の・は反強磁性スピンの位置で、白丸の数がその Plaquetteでの CR の絶対値の大きさを示す。×と*は CR の向きのちがいを示す。図 3 上図は、途中の段階で、CR は強磁性スピンの領域内にもかなりある。それに対して図 3 下図は終状態で、Fr. pla への局所的集中がみられる。

以上、SDS で Heisenberg 系と XY 系を比べると、自由度の影響のため、特に動的性質が著しく異なることを強調したい。

§ 5 今後の課題

この SDS の結果から、R-SG への理論的アプローチに対して言えることは、均一描像による平衡相転移理論は、ダイナミックスの現実を忠実に反映しているとは必ずしも言えないという点である。そこで、大変な難問ではあるが、不均一描像に立って、非平衡状態のダイナミックスを扱える理論モデルの提案が必要ではないかと考えられる。

また、SDS の方法については、§ 3 の応答 SDS のように現実の実験操作に合わせた計算が可能な点を強調したい。例えば、ESR 実験をシミュレーションすることも可能で、現在、三角格子反強磁性体の ESR について、スピン波を用いた理論⁶⁾ と対応づけながら SDS を実行している。さらにリエンラント系の ESR への適用も検討中である。

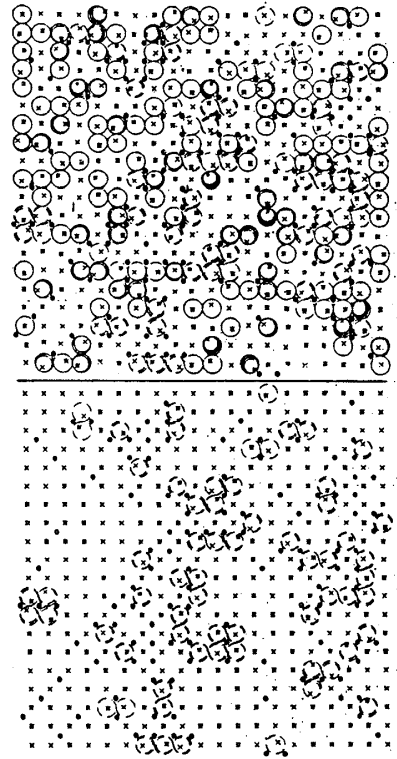


図 3 Heisenberg 系のカイラリティの分布。黒丸は反強磁性スピンの位置を示す。大きな白丸の数はその Plaquette でのカイラリティの絶対値、*と×はその向きのちがいを表す。四方が抜けた白丸はその plaquette が frustrate していることを意味する。上図：ZFC の途中。下図：ZFC の終状態。

本研究は、文部省科学研究費補助費及び信越科学・信越半導体奨学寄付金を用いて行われた。

文 献

- 1) K. Fujimoto, T. Yoshihara and Y. Natsume; T. Yoshihara, K. Fujimoto and Y. Natsume, Theoretical and Applied Mechanics **36** (University of Tokyo Press, Tokyo, 1987).
- 2) Y. Natsume, K. Fujimoto and T. Yoshihara, International Symposium on Physics of Magnetic Material, No. 71, Sendai, April 1987.
- 3) Y. Natsume, T. Yoshihara and K. Fujimoto, Intermag '87 Conference, AG-15, Tokyo, April 1987.
- 4) H. Kawamura and M. Tanemura, J. Phys. Soc. Jpn. **55** (1986) 1802.
- 5) 物性研究, 本研究会報告の勝又鉦一, 伊藤厚子 他, 有賀浩子 他を参照。
- 6) T. Suzuki and Y. Natsume, J. Phys. Soc. Jpn. **56** (1987) No.4.

9. 短距離・イジング型 (Fe, Mn)TiO₃系の相図と スピングラス領域におけるスピン系の緩和

お茶の水大・理 伊藤厚子, 有賀浩子, 鳥養映子
東北大・金研 菊地昌枝, 庄野安彦, 武居文彦

混晶 $\text{Fe}_x\text{Mn}_{1-x}\text{TiO}_3$ の $x=0.50$ の試料は、低温で典型的なイジング型スピングラス (SG) になることを、いろいろな機会に報告してきた。 $x=0.5$ において、スピングラスとしての特徴が、これまでに知られている多くの系に比べて強く現われている点が、混晶 $\text{Fe}_x\text{Mn}_{1-x}\text{TiO}_3$ に対する我々の期待を膨らませた。この系は、反強磁性体 (AF) どちらの混晶であるが、磁気構造をみると、スピンは FeTiO_3 では六方晶の c 面内で強磁性的に、 MnTiO_3 では反強磁性的に結合しており、最隣接相互作用の競合が、中間濃度領域でスピングラスの出現する原因になっている。 $x=0$ と 1 が常磁性 (P) \rightarrow AF 転移, $x=0.5$ が P \rightarrow SG 転移をすることがわかっている。このため、 $x=0.5$ の両側に、いわゆるリエントラント転移 P \rightarrow AF \rightarrow SG を示す濃度領域の存在が期待される。そこで、いろいろな x の試料を作って、SQUID 磁束計 (池田宏信氏の